

⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 39 37 096 A 1

⑳ Aktenzeichen: P 39 37 096.8
㉑ Anmeldetag: 7. 11. 89
㉒ Offenlegungstag: 8. 5. 91

⑤① Int. Cl.⁵:
H 04 L 12/28
H 04 L 5/16
H 04 L 25/28
H 04 L 27/00
// H 03 M 5/02,
G 06 F 13/00,
G 07 G 1/14

DE 39 37 096 A 1

㉑ Anmelder:
Siemens Nixdorf Informationssysteme AG, 4790
Paderborn, DE

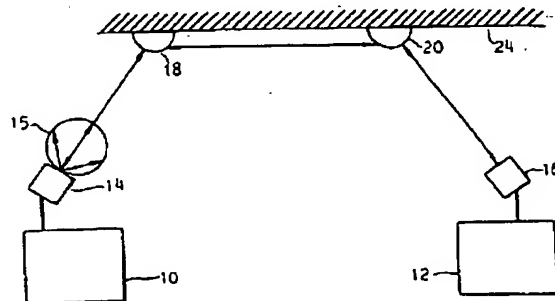
㉒ Vertreter:
Schaumburg, K., Dipl.-Ing.; Thoenes, D., Dipl.-Phys.
Dr.rer.nat.; Englaender, K., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte,
8000 München

㉓ Erfinder:
Kemmler, Wolfgang, Dipl.-Ing., 4797 Schlangen, DE;
Amin, Amer, Dipl.-Ing., 7252 Weil der Stadt, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ System zum Übertragen von Daten zwischen mehreren Teilnehmerstationen eines lokalen Kommunikationsnetzes

Bei einem System zum Übertragen von Daten im Halb-Duplexbetrieb zwischen mehreren Teilnehmerstationen (10, 12) eines lokalen Kommunikationsnetzes erfolgt die Datenübertragung zwischen einer Teilnehmerstation (10 oder 12) und einer Zwischenstation (18 oder 20) durch modulierte Strahlung im Raum. Erfindungsgemäß erfolgt auch die Datenübertragung zwischen den Zwischenstationen (18, 20) durch Strahlung. Diese wird zum Übertragen binärer Daten einer Impulsmodulation unterzogen. Die Zwischenstationen (18, 20) senden jeweils auf das Eintreffen eines Impulses hin einen Impuls aus. Die Empfangsbereitschaft der Stationen (10, 12, 18, 20) ruht nach dem Eintreffen eines Impulses mindestens für eine Zeit T , die gleich der Summe aus der doppelten Impulslaufzeit t_i zwischen der sendenden Station und der innerhalb der Sendereichweite R am weitesten entfernten empfangenden Station und aus der Impulsdauer t_p ist. Das neue System zeichnet sich durch eine hohe Flexibilität aus und kann mit einfachen Mitteln realisiert werden.



DE 39 37 096 A 1

Die Erfindung betrifft ein System zum Übertragen von Daten im Halb-Duplexbetrieb zwischen mehreren Teilnehmerstationen eines lokalen Kommunikationsnetzes über mindestens zwei Zwischenstationen, wobei die Datenübertragung zwischen jeweils einer Teilnehmerstation und einer Zwischenstation durch modulierte Strahlung im Raum erfolgt.

Ein derartiges System, das zur Datenübertragung für ein lokales Netz im Bereich der rechnergestützten Fertigung (CIM) verwendet wird, ist aus einem Aufsatz "Datenübertragung mit Infrarotlicht" in der Fachzeitschrift Elektronik 24/25.11.1988, Seiten 82 bis 90, bekannt. Mehrere Zwischenstationen stellen die drahtlose Verbindung mittels einer Infrarot-Übertragungsstrecke zu Teilnehmerstationen eines flexiblen Transportsystems in einer weiträumigen Fabrikhalle her. Die Zwischenstationen sind untereinander über Leitungen verbunden und an einen Leitrechner angeschlossen, der die Steuerung des Datenverkehrs übernimmt. Die Datenübertragung erfolgt im Halb-Duplexbetrieb, bei dem eine Teilnehmerstation entweder Daten sendet oder empfängt, ein gleichzeitiger Datenverkehr in beiden Richtungen jedoch nicht vorgesehen ist.

Bei diesem bekannten System müssen die zumeist an der Decke des Raumes montierten Zwischenstationen untereinander durch ein fest installiertes Datenleitungsnetz verbunden werden. Bei einer Erweiterung eines solchen Systems auf eine größere Hallenfläche oder bei einer Abänderung des Übertragungssystems, bei der den Teilnehmerstationen neue Standorte zugewiesen werden, sind aufwendige Installationsarbeiten für das Leitungsnetz erforderlich.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein neues System zum Übertragen von Daten anzugeben, das eine hohe Flexibilität hat und mit einfachen Mitteln realisiert werden kann.

Diese Aufgabe wird für ein System eingangs genannter Art dadurch gelöst, daß auch die Datenübertragung zwischen den gleichartig aufgebauten Zwischenstationen durch Strahlung erfolgt, daß die Strahlung zum Übertragen binärer Daten einer Impulsmodulation unterzogen wird, daß die Zwischenstationen jeweils auf das Eintreffen eines Impulses hin einen Impuls aussenden, und daß die Empfangsbereitschaft nach dem Eintreffen eines Impulses mindestens für eine Zeit T ruht, die gleich der Summe aus der doppelten Impulslaufzeit zwischen der sendenden Station und der innerhalb der Sendereichweite am weitesten entfernten empfangenden Station und aus der Impulsdauer ist.

Zur Datenübertragung wird bei der Erfindung die Impulsmodulation eingesetzt. Bei dieser wird die auf einen Impuls folgende Pause abhängig vom Binärwert der zu übertragenden Daten variiert. Dem Binärwert 1 wird beispielsweise eine lange Pause, dem Wert 0 eine kurze Pause zugeordnet. Die Impulsdauer selbst, d. h. die Zeit, in der Strahlung ausgesendet wird, ist so bemessen, daß die auf Empfang geschalteten Zwischenstationen sowie die Teilnehmerstationen den Impuls sicher empfangen können.

Durch diese Art der Modulation ist die für die Datenübertragung benötigte Strahlungsenergie minimal, da die Information im wesentlichen in der Länge der Pause enthalten ist. Durch Wahl einer kurzen Impulsdauer kann bei einem vorgegebenen Betrag an Strahlungsenergie die Impulsamplitude hoch sein, so daß eine große Sendereichweite sowie ein hoher Störabstand gegen-

über der Umgebungsstrahlung erreicht wird.

Es sind auch andere Arten von Impulsmodulationen einsetzbar. Beispielsweise kann eine Modulation mit festem Zeitraster vorgenommen werden, bei der die binäre Information in aufeinanderfolgenden vorgegebenen Zeitabschnitten konstanter Länge verschlüsselt wird. Dies kann so geschehen, daß das Aussehen eines Strahlungsimpulses innerhalb eines Zeitabschnittes als Binärwert 1 interpretiert wird. Das Fehlen eines solchen Impulses wird dann als Binärwert 0 gedeutet.

Der im allgemeinen nach allen Richtungen ausgesandte Impuls verliert infolge der Divergenz der Strahlung sowie infolge Streuung und Absorption in Luft sowie an Teilchen längs seines Ausbreitungsweges an Intensität. Dementsprechend läßt sich für die jeweilige Teilnehmerstation bzw. Zwischenstation eine Sendereichweite definieren, die die Entfernung angibt, bei der noch ein ausreichend gutes Empfangssignal vorliegt. Maßgebend ist hierfür die Einhaltung eines vorgegebenen Störabstandes zu Störsignalen wie beispielsweise Rauschen, Hintergrundstrahlung und Störstrahlung.

Der von einer Zwischenstation in der Reichweite einer sendenden Station empfangene Impuls löst das Aussenden eines neuen Impulses aus, der wiederum von Zwischenstationen innerhalb ihrer Reichweite empfangen wird. Diese Stationen senden daraufhin weitere Impulse aus, so daß ein von einer Teilnehmerstation anfangs ausgesendeter Impuls eine Vielzahl weiterer Impulse auslöst, die sich nach Art einer Welle ausbreiten, wobei die Zwischenstationen die jeweils empfangenen abgeschwächten Impulse verstärkt wieder aussenden. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle hängt theoretisch von der Lichtgeschwindigkeit in Luft ab. Praktisch sind jedoch Verzögerungszeiten zu berücksichtigen, die insbesondere durch Reaktionszeiten und das Einschwingverhalten der elektronischen Bauelemente bedingt sind.

Die gleichartig aufgebauten Zwischenstationen senden ihre Impulse im allgemeinen in alle Richtungen aus und können auch Impulse aus allen Richtungen empfangen. Dies bedeutet, daß die Zwischenstationen nach dem Aussenden eines Impulses von ihnen benachbarten Zwischenstationen wieder Impulse empfangen. Diese Impulse würden ohne weitere Maßnahmen das Aussenden neuer Impulse veranlassen, die nicht in einem Zusammenhang mit den zu übertragenden Daten stehen und so die Übertragung stören. Zur Unterdrückung dieser Impulse ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß die Empfangsbereitschaft einer sendenden Station für eine Zeit T ruht. In dieser Zeit können ankommende Impulse keine neuen Impulse auslösen. Die Zeit T beträgt mindestens die Summe aus der doppelten Impulslaufzeit zwischen der sendenden Station und der innerhalb der Sendereichweite am weitesten entfernten empfangenden Station und aus der Impulsdauer.

Durch diese Maßnahme ist ferner gewährleistet, daß auch die durch Übersprechen von der sendenden Station oder durch Reflexion an Hindernissen im Übertragungsweg erzeugten Impulse unterdrückt werden und folglich keine Fehlimpulse empfangen und wieder ausgesendet werden. Auch die Empfangsbereitschaft der Teilnehmerstationen ruht für die Zeit T , so daß ihr Dateneingang durch zurückkommende Impulse nicht gestört ist.

Da bei der Erfindung die Datenübertragung zwischen den Zwischenstationen durch Strahlung erfolgt, entfällt das Installieren eines Leitungsnetzes für die Zwischenstationen. Die räumliche Erweiterung eines bestehen-

den Datenübertragungssystemen ist daher ohne großen technischen Aufwand durchführbar, da auf einfache Weise weitere Zwischenstationen im Raum angeordnet werden können.

Ferner benötigt das System nach der Erfindung keine zentrale Steuerung für den Datenverkehr, wie dies beim Stand der Technik der Fall ist, da die Datenübertragung asynchron erfolgen kann und die Zwischenstationen voneinander unabhängig arbeiten, ohne sich gegenseitig zu stören. Die Zwischenstationen selbst sind sehr einfach aufgebaut, da sie keine Speicherfunktion sowie keine Signalaufbereitungsfunktion erfüllen müssen. Sie lassen sich mit Hilfe einfacher elektronischer Mittel realisieren.

Das System nach der Erfindung läßt eine hohe Übertragungsgeschwindigkeit und Datenübertragungsrate zu, da die Übertragung der Daten von einer sendenden zu einer empfangenden Teilnehmerstation nahezu mit Lichtgeschwindigkeit erfolgt. Die Impulsfolgefrequenz für die Übertragung wird neben den durch die Impulsmodulation definierten Impulspausen auch durch die Zeit T beeinflußt, in der die Empfangsbereitschaft der Stationen ruht. Die Zeit T ist neben der Impulsdauer auch durch die Impulslaufzeit zwischen den Stationen bestimmt, die wiederum von der Lichtgeschwindigkeit in Luft sowie der Sendereichweite abhängt. Letztere kann so optimiert werden, daß die Zeit T minimal wird. Werden Impulse mit kurzer Impulsdauer verwendet, so läßt sich eine hohe Impulsfolgefrequenz und damit eine hohe Datenübertragungsrate erzielen.

Als Strahlung kann sowohl sichtbares Licht als auch Infrarotstrahlung verwendet werden. Letztere hat den Vorteil, daß mit Hilfe einfacherer elektronischer Bauteile, wie beispielsweise lichtemittierende Dioden, im Impulsbetrieb eine hohe Strahlungsstärke und damit eine hohe Sendereichweite erreicht wird. In Anwendungsfällen, bei denen die elektromagnetische Verträglichkeit unkritisch ist, kann als Strahlung auch elektromagnetische Strahlung im Radiofrequenzbereich oder im Mikrowellenbereich verwendet werden.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß bei einem um eine Reaktionszeit verzögerten Aussenden des Impulses die Zeit T zusätzlich um mindestens diese Reaktionszeit verlängert wird. Die Reaktionszeit ist durch die Schaltzeit sowie durch die Verzögerung induktiver und kapazitiver Komponenten der elektronischen Bauelemente in den Zwischenstationen bedingt. Da mit Hilfe der genannten Maßnahmen das ungünstige Zeitverhalten solcher Bauelemente kompensiert werden kann, ist es möglich, sehr einfache und kostengünstige elektronische Bauteile mit langen Schaltzeiten bei der schaltungstechnischen Realisierung der Zwischenstationen zu verwenden.

Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung ist vorgesehen, daß die Zwischenstationen in gleich großen Abständen voneinander angeordnet sind. Die Zwischenstationen bilden dann ein Verbindungsnetz, das sich aus gleichseitigen Dreiecken zusammensetzt, an deren Ecken jeweils eine Zwischenstation angeordnet ist. Durch diese Anordnung wird erreicht, daß jede Zwischenstation, mit Ausnahme derjenigen, die am Rande des Netzes angeordnet sind, von sechs direkt benachbarten Zwischenstationen umgeben ist. Bei Ausfall einer oder sogar mehrerer dieser Stationen ist noch gewährleistet, daß der von einer verbleibenden benachbarten Station ausgesandte Impuls noch empfangen werden kann und so die weitere Impulsübertragung gewährleistet ist. Dies bedeutet, daß das System auch bei

Ausfall einzelner Zwischenstationen noch sehr zuverlässig arbeitet. Ferner wird durch diese Anordnung eine hohe und gleichmäßige Dichte an Zwischenstationen im Raum erreicht, so daß eine Datenübertragung von einer Teilnehmerstation zu einer anderen unabhängig vom Ort der Teilnehmerstationen im Raum zuverlässig erfolgen kann.

Eine Weiterbildung der beschriebenen Ausführungsform sieht vor, daß die Abstände gleich der Sendereichweite sind. Durch diese Maßnahme wird die Zahl der benötigten Zwischenstationen minimal und der technische Aufwand des Systems verringert.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnung erläutert. Darin zeigt

Fig. 1a eine Folge von Impulsen nach der Impulsmodulation mit variablen Impulspausen,

Fig. 1b eine Folge von Impulsen mit festem Zeitraaster,

Fig. 2 eine Anordnung mit zwei Teilnehmerstationen und zwei Zwischenstationen,

Fig. 3 einen schematischen Aufbau der elektronischen Komponenten einer Zwischenstation in einer Blockdarstellung,

Fig. 4 Versuchsergebnisse zum Ermitteln der Sendereichweite dargestellt in einem Diagramm,

Fig. 5 Impulsdiagramme über der Zeit für zwei Zwischenstationen, deren Abstand voneinander geringfügig kleiner als die Sendereichweite ist,

Fig. 6 die Ausbreitung von Impulsen bei einer Vielzahl von Zwischenstationen im Raum,

Fig. 7 Impulsdiagramme über der Zeit für drei Zwischenstationen, die innerhalb einer Sendereichweite liegen, und

Fig. 8a, b eine Richtcharakteristik mit einer Hauptkeule und zwei Nebenkeulen für die von einer Zwischenstation abgestrahlte Strahlung sowie eine halbkugelförmige Richtcharakteristik.

In Fig. 1a sind Impulsfolgen über der Zeit t für die zum Übertragen binärer Daten verwendete Impulsmodulation dargestellt. Strahlungsimpulse mit der Impulshöhe H und der Dauer t_p werden über der Zeit t mit unterschiedlichen Pausen t_0, t_1 ausgesendet. Einer kurzen Pause t_0 entspricht der Binärwert 0, einer langen Pause t_1 der Binärwert 1. Die Impulsdauer t_p soll dabei möglichst kurz sein, damit die abgestrahlte Strahlungsenergie gering bzw. damit bei einer vorgegebenen Strahlungsenergie die Impulshöhe H groß ist. Diese Impulshöhe H bestimmt wesentlich die Sendereichweite sowie den Störabstand zu Störsignalen.

Eine andere mögliche Art der Impulsmodulation ist in Fig. 1b dargestellt. Bei dieser Modulation wird ein festes Zeitraaster der Länge t_2 verwendet. Tritt innerhalb eines Zeitabschnitts t_2 ein Impuls mit der Dauer t_p auf, so entspricht dies dem Binärwert $B = 1$. Fehlt innerhalb eines Zeitabschnitts t_2 ein solcher Impuls, so wird dies als Binärwert $B = 0$ gedeutet. Die Dauer t_p des Impulses darf maximal die Länge t_2 des Zeitabschnitts erreichen. Vorzugsweise wird die Impulsdauer t_p erheblich kleiner als die Länge t_2 gewählt, um bei einer vorgegebenen Impulsenergie eine große Impulshöhe H zu erhalten.

In Fig. 2 ist schematisch die Grundstruktur des Systems zum Übertragen von Daten zwischen zwei Teilnehmerstationen 10, 12 über zwei Zwischenstationen 18, 20 in einem Raum dargestellt. Die Teilnehmerstationen 10, 12 können beispielsweise Rechnerterminals, Personal Computer mit einer Kommunikationsschnittstelle, Arbeitsstationen für die rechnergestützte Ferti-

gung oder automatische Kassenstationen sein und befinden sich in Bodennähe des Raumes. Die Teilnehmerstationen 10, 12 sind mobil, d. h. sie können je nach Anwendungsfall an verschiedenen Orten des Raumes stehen.

Die Teilnehmerstationen 10, 12 haben jeweils eine Sender-Empfängereinheit 14 bzw. 16, die jeweils einen mit einer Zwischenstation übereinstimmenden Aufbau haben, der noch näher beschrieben wird. Die Sender-Empfängereinheiten 14, 16 haben eine kugelförmige Richtcharakteristik 15 für die zu empfangende und abstrahlende Strahlung und sind auf die ihnen benachbarten Zwischenstationen 18 bzw. 20 ausgerichtet. Dadurch ist die Störsicherheit der Übertragungsstrecke zwischen der Zwischenstation 18 bzw. 20 und der jeweiligen Teilnehmerstation 10, 12 verbessert.

Der Datenverkehr zwischen den Teilnehmerstationen 10, 12 wird nach dem Halb-Duplexbetrieb abgewickelt. Dies bedeutet, daß die Teilnehmerstationen 10, 12 abwechselnd Daten senden und empfangen. Zum Senden binärer Daten wird eine der Sender-Empfängereinheit 14, 16 aktiviert, die Daten in Form modulierter Strahlungsimpulse aussendet, welche von den Zwischenstationen 18, 20 im Raum weitergeleitet werden. Sämtliche Teilnehmerstationen 10, 12 des Raumes empfangen diese Impulse über ihre jeweiligen Sender-Empfängereinheiten 14, 16. Die Impulse werden dann in den jeweiligen Teilnehmerstation 10, 12 nach bekannten Verfahren ausgewertet und die entsprechenden Daten weiterverarbeitet.

Die Zwischenstationen 18, 20 sind an der Decke 24 des Raumes in einem Abstand voneinander angeordnet, der mindestens der Sendereichweite der Zwischenstationen 18, 20 entspricht. Als Strahlung wird Infrarotstrahlung mit einer für Halbleiterstrahlungsquellen typischen Wellenlänge von ca. 1 Mikrometer verwendet. Zur Unterdrückung der Hintergrundstrahlung und der Störstrahlung durch Raumbeleuchtung sind die Empfangselemente der Zwischenstationen 18, 20 und der Sender-Empfängereinheiten 14, 16 mit Filtern (nicht dargestellt) versehen, deren Wellenlängenbereich auf die Strahlung der Halbleiterstrahlungsquellen abgestimmt ist. Die Zwischenstationen 18, 20 werden jeweils aus einem Netzteil (nicht dargestellt) mit Strom versorgt.

Den schaltungstechnischen Aufbau einer Zwischenstation 18, 20 bzw. einer Sender-Empfängereinheit 14, 16 ist in einer schematischen Darstellung in Fig. 3 gezeigt. Ein mit einer Fotodiode ausgestatteter Empfangsbaustein 26 erfäßt einen Impuls 25, der von einer Zwischenstation oder einer Sender-Empfängereinheit einer Teilnehmerstation ausgesendet worden ist, und wandelt diesen in ein elektrisches Signal. Dieses wird über eine Schalteranordnung 28 einem Vorverstärker 30 zugeführt, dessen Impedanz dem Empfangsbaustein 26 für eine möglichst rauscharme Verstärkung angepaßt ist. Das Ausgangssignal des Verstärkers 30 wird einem Schwellwertschalter 32 zugeführt, der es mit einem vorgegebenen Schwellwert 31 vergleicht. Überschreitet das Ausgangssignal diesen Schwellwert 31, so gibt der Schwellwertschalter ein Signal 33 ab, anhand dem das Vorhandensein eines gültigen Impulses 25 festgestellt werden kann. Das Signal 33 kann dann bei einer Sender-Empfängereinheit 14, 16 zum Auswerten der binären Information in einer Teilnehmerstation verwendet werden.

Das Signal 33 wird ferner einer Impulsformstufe 36 zugeführt, die einen Steuerimpuls mit der Impulsdauer

tp erzeugt und damit ein Diodenarray 38 ansteuert. Das Diodenarray 38 besteht aus mehreren lichtemittierenden Dioden (LED), die Infrarotstrahlung der Wellenlänge ca. 1 Mikrometer aussenden. Die Dioden arbeiten im sogenannten Impulsbetrieb, d. h. ihre Impulspause ist wesentlich größer als die Zeit, in der sie Strahlung aussenden. Dadurch ist es möglich, die Dioden mit hohen Impulsströmen zu beaufschlagen, die eine hohe Strahlungsstärke erzeugen. Durch die Verwendung mehrerer Dioden wird die insgesamt abgestrahlte Leistung vergrößert und durch unterschiedliche Ausrichtung der Dioden kann die Strahlung in einem großen Raumwinkel abgestrahlt werden.

Das Ausgangssignal 33 des Schwellwertschalters 32 wird auch einem Zeitglied 34 zugeführt, welches die Schaltstrecke der Schalteranordnung 28 für eine vorgegebene Zeit T öffnet. In dieser Zeit T werden vom Empfangsbaustein 26 erfaßte Impulse 25 nicht an den Vorverstärker 30 weitergeleitet, so daß der Schwellwertschalter 32 kein Signal 33 abgibt, das einen gültigen Impuls signalisiert.

Ein vom Diodenarray 38 ausgesandter Impuls 40 wird längs seines Ausbreitungsweges aufgrund der Strahlungsdivergenz sowie der Dispersion und Absorption von Strahlung in Luft geschwächt. Dies führt zu einer begrenzten Sendereichweite der Zwischenstationen 18, 20 bzw. der Teilnehmerstationen 10, 12. Die Fig. 4 zeigt in einem Diagramm Versuchsergebnisse zum Ermitteln der Sendereichweite. Über die Entfernung s von der sendenden Station 14, 16, 18, 20 ist die vor dem Schwellwertschalter 32 (Fig. 3) abgreifbare Ausgangsspannung U des Vorverstärkers 30 aufgetragen. Mit zunehmender Entfernung s sinkt diese Spannung U hyperbolisch ab und erreicht bei einer Entfernung von $s = 13,5$ m einen kritischen Wert von 0,5 V, unterhalb dem ein sicheres Erkennen eines Impulses nicht mehr möglich ist. Diese Grenzentfernung wird als Sendereichweite R bezeichnet. Der kritische Wert von 0,5 V wird als Schwellwert 31 beim Vergleich im Schwellwertschalter 32 verwendet.

In Fig. 5 sind Impulsdiagramme über der Zeit t dargestellt, die die Übertragung von Impulsen zwischen zwei innerhalb der Sendereichweite R liegenden Zwischenstationen 42, 44 zeigen. Ein zum Zeitpunkt $t = 0$ von der Zwischenstation 42 ausgesandter Impuls 48 erreicht die Zwischenstation 44, jedoch nicht die weiter entfernte und außerhalb der Sendereichweite R liegende Station 46. Der Impuls 48 trifft mit einer zeitlichen Verzögerung t_i , die der Laufzeit der Strahlung in Luft bis zur Station 44 entspricht, bei der Station 44 ein. Nach einer Reaktionszeit t_r , die durch Schaltzeiten der elektronischen Bauteile der Zwischenstation 44 bedingt ist, sendet die Station 44 einen Impuls 50 nach allen Richtungen aus. Der anschließend bei der zuvor sendenden Station 42 ankommende Impuls 50 soll im folgenden näher betrachtet werden. Er trifft nach der Impulslaufzeit t_i bei der Station 42 ein und würde dort ohne weitere Gegenmaßnahmen erneut einen Folgeimpuls auslösen. Dies würde im weiteren Verlauf dazu führen, daß die Stationen 42, 44 im Zeitabstand t_i fortlaufend gegenseitig Impulse austauschen. Die Übertragung binärer Informationen wäre somit nicht möglich.

Gemäß der Erfindung wird die Empfangsbereitschaft der Station 42 mit dem Aussenden ihres Impulses 48 für eine Zeit T stillgesetzt, so daß während dieser Zeit T ankommende Impulse keine weitere Impulse auslösen können. Diese Zeit T muß gemäß dem Diagramm in Fig. 5 der Beziehung $T \geq t_i + t_r + t_i + t_p$ genügen.

Nur dann ist sichergestellt, daß die Station 42 keine störenden Folgeimpulse aussendet. Der von der Station 44 ausgesandte Impuls 50 wird von der Station 46 empfangen und löst dort einen Folgeimpuls aus. Dessen Intensität ist zu gering, um bei der Station 42 als gültiger Impuls erkannt zu werden.

In Fig. 6 sind in fünf Darstellungen a) bis e) die Übertragung von Daten zwischen mehreren Teilnehmerstationen 52 bis 58 eines lokalen Kommunikationsnetzes dargestellt. Die Teilnehmerstationen 52 bis 58 sind durch ein Dreieck gekennzeichnet. Zur Datenübertragung ist eine Vielzahl von durch Kreise gekennzeichnete Zwischenstationen vorgesehen, die ein Übertragungsnetz bilden. Die Zwischenstationen sind in gleichgroßen Abständen voneinander angeordnet, wie dies durch den gestrichelten Kreis 60 in der Darstellung a) angedeutet ist. Die Abstände zwischen den Zwischenstationen sind gleich der Sendereichweite R.

In der Darstellung b) sendet die Teilnehmerstation 52 einen Impuls aus, den die ihr am nächsten stehende Zwischenstation empfängt. Diese sendet daraufhin einen Folgeimpuls aus, der gemäß der Darstellung c) von zwei benachbarten Zwischenstationen empfangen wird. Das gleichzeitige Empfangen dieser Impulse ist durch eine Verbindungslinie gekennzeichnet. Diese Verbindungslinie kann als eine Wellenfront sich ausbreitender Impulse aufgefaßt werden.

In der Darstellung d) ist diese Wellenfront um weitere Zwischenstationen vorgerückt und erreicht in der Darstellung e) die Teilnehmerstation 54, die von der Teilnehmerstation 52 am weitesten entfernt ist. Um Daten von der Station 52 zur Station 54 zu übertragen, sind also die Impulse der sendenden Teilnehmerstation 52 über acht Zwischenstationen weiterzureichen. Die Teilnehmerstationen 56 und 58 empfangen die ausgesandten Daten bereits nach fünfmaligem Weiterleiten der Impulse durch Zwischenstationen.

In Fig. 7 sind weitere Impulsdigramme über der Zeit t dargestellt, die Aufschluß über die erforderliche Zeit T für das Ruhen der Empfangsbereitschaft einer Station geben, wenn sich in der Sendereichweite R mehrere Stationen mit verschiedenen Abständen zur sendenden Station befinden. Im oberen Teil der Fig. 7 sendet eine Station 60, diese kann eine Zwischenstation oder eine Teilnehmerstation sein, einen Impuls 66 aus, der sowohl von einer Station 62 als auch von einer weiter entfernten Station 64 gut empfangen wird. Der Impuls 66 benötigt zur Überwindung der Entfernung zur Station 62 die Laufzeit t_i , ebenso der von der Station 62 zurückgesendete Impuls 68. Zum besseren Verständnis der im folgenden beschriebenen Zusammenhänge wurde in diesem Beispiel die Reaktionszeit t_r zu Null gesetzt.

Der Impuls 66 benötigt bis zum Eintreffen bei der weiter entfernten Station 64 die Laufzeit t_i' . Die gleiche Laufzeit t_i' hat auch der von der Station 64 an die Station 60 zurückgesandte Impuls 70. Für eine störungsfreie Datenübertragung ist es, wie aus Fig. 7 zu sehen ist, erforderlich, daß die Empfangsbereitschaft der Station 60 für mindestens die Zeit T ruht, die sich aus der Beziehung ergibt $T \geq t_i' + t_i' + t_p$. Zu dieser Zeit T ist noch die Reaktionszeit t_r zu addieren, die bei diesem Beispiel vernachlässigt worden ist. Es ist also festzustellen, daß die Zeit T wesentlich von der Impulslaufzeit t_i' zwischen der sendenden Station 60 und der innerhalb der Sendereichweite am weitesten entfernten empfangenden Station 64 bestimmt ist.

Die Richtcharakteristik der von einer Zwischenstation abgestrahlten Strahlung hat entscheidenden Ein-

fluß auf die Sendereichweite R. In Fig. 8a ist ein Ausführungsbeispiel einer Zwischenstation 72 dargestellt, deren abgestrahlte Strahlung eine rotationssymmetrische Richtcharakteristik mit einer kugelförmigen Hauptkeule 74 und zwei Nebenkeulen 76, 78 hat. Die Zwischenstation 72 ist unterhalb der Decke 24 des Raumes befestigt. Die Hauptkeule 74 hat eine Achse 86, die parallel zur Flächennormale der Decke 24 verläuft. Im Strahlungsbereich der Hauptkeule 74 liegen bevorzugt Teilnehmerstationen, die sich üblicherweise in der Nähe des Bodens des Raumes befinden. Die Nebenkeulen 76, 78 haben Achsen 82, 80, die parallel zur Decke 24 verlaufen. In Richtung dieser Achsen 82, 80 liegen benachbarte Zwischenstationen. Durch diese Richtcharakteristik wird erreicht, daß die abgestrahlte Energie bevorzugt sowohl in Richtung der Teilnehmerstationen als auch in Richtung der Zwischenstationen abgestrahlt wird, so daß einerseits der Energieverbrauch minimiert und andererseits eine große Sendereichweite erreicht wird.

In Fig. 8b hat die Zwischenstation 72 eine annähernd halbkugelförmige Richtcharakteristik 90, d. h. die in den Raum abgestrahlte Strahlungsstärke — angedeutet durch Pfeile 91 bis 94 — ist für alle Raumwinkel des Halbraums gleich groß. Eine derartige Richtcharakteristik 90 kann z. B. durch Anordnen mehrerer strahlungs-emittierender Halbleiterbauelemente, wie beispielsweise LED's oder Laserdioden, auf einem Träger erzeugt werden. Die Bauelemente werden so ausgerichtet, daß die Hauptachsen ihrer Strahlung in verschiedene Richtungen zeigen und längs Normalen der Oberfläche einer Halbkugel verlaufen, deren Mittelachse zum Rauminneren zeigt. Die resultierende Strahlungsstärke im Raum ist dann für alle Raumwinkel in etwa konstant.

Patentansprüche

1. System zum Übertragen von Daten im Halb-Duplexbetrieb zwischen mehreren Teilnehmerstationen eines lokalen Kommunikationsnetzes über mindestens zwei Zwischenstationen, wobei die Datenübertragung zwischen jeweils einer Teilnehmerstation und einer Zwischenstation durch modulierte Strahlung im Raum erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß auch die Datenübertragung zwischen den gleichartig aufgebauten Zwischenstationen (18, 20, 42, 44, 46, 60, 62, 64) durch Strahlung erfolgt, daß die Strahlung zum Übertragen binärer Daten einer Impulsmodulation unterzogen wird, daß die Zwischenstationen (18, 20, 42, 44, 46, 60, 62, 64) jeweils auf das Eintreffen eines Impulses hin einen Impuls aussenden, und daß die Empfangsbereitschaft nach dem Eintreffen eines Impulses mindestens für eine Zeit T ruht, die gleich der Summe aus der doppelten Impulslaufzeit t_i , t_i' zwischen der sendenden Station (10, 12, 42, 60) und der innerhalb der Sendereichweite R am weitesten entfernten empfangenden Station (44, 64) und aus der Impulsdauer t_p ist.
2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem um eine Reaktionszeit t_r verzögerten Aussenden des Impulses die Zeit T zusätzlich um mindestens diese Reaktionszeit t_r verlängert wird.
3. System nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenstationen in gleich großen Abständen voneinander angeordnet sind.
4. System nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstände gleich der Sendereichweite R

sind.

5. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Strahlung Infrarotstrahlung verwendet wird.

6. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für die Abstrahlung je Zwischenstation (18, 20, 42, 44, 46, 60, 62, 64) mindestens eine lichtemittierende Halbleiterstrahlungsquelle vorgesehen ist.

7. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die von den Stationen (10, 12, 18, 20, 42, 44, 46, 60, 62, 64) abgestrahlte Strahlung eine kugelförmige (15) oder eine halbkugelförmige Richtcharakteristik (90) hat.

8. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei Zwischenstationen (72), die an die Decke (24) des Raumes montierbar sind, die abgestrahlte Strahlung eine rotationssymmetrische Richtcharakteristik mit einer Hauptkeule (74) und zwei Nebenkeulen (76, 78) hat, und daß die Hauptkeulennachse (86) parallel zur Flächennormale der Decke (24) und die Nebenkeulennachsen (80, 82) parallel zur Deckenfläche verlaufen.

9. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilnehmerstationen (10, 12) jeweils eine Sender-Empfängereinheit (14, 16) mit einer Richtcharakteristik (15) für die zu empfangende und abzustrahlende Strahlung haben und auf eine ihnen benachbarte Zwischenstation (18, 20) ausgerichtet sind.

10. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die von den Stationen (10, 12, 18, 20) empfangene Strahlung von einem optischen Filter gefiltert wird, das auf den Wellenlängenbereich der von den Zwischenstationen (18, 20) und den Teilnehmerstationen (10, 12) abgestrahlten Strahlung abgestimmt ist.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

40

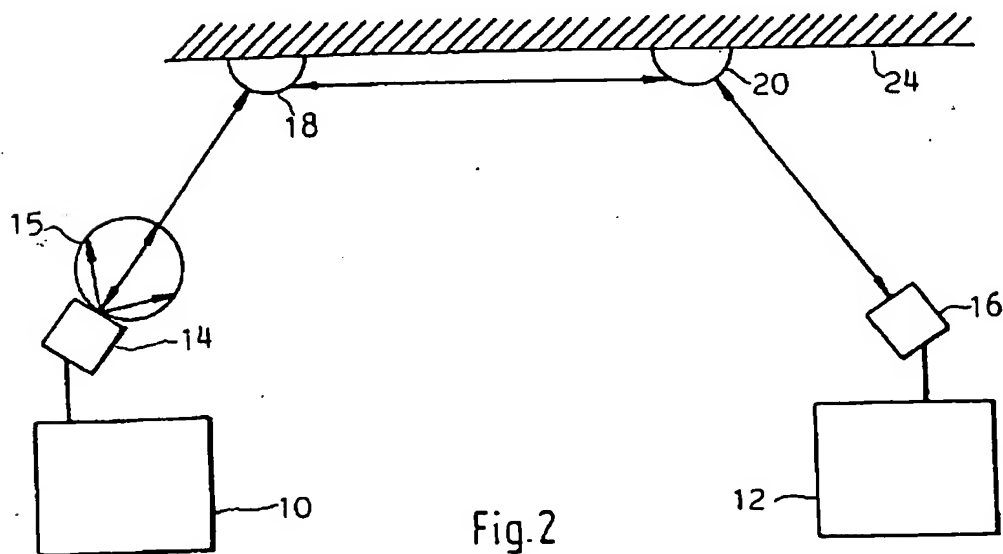
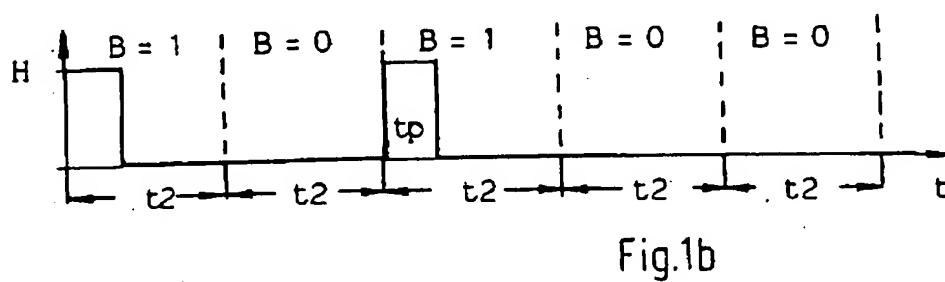
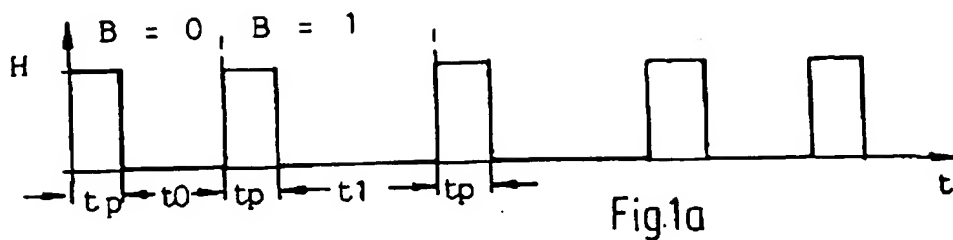
45

50

55

60

65



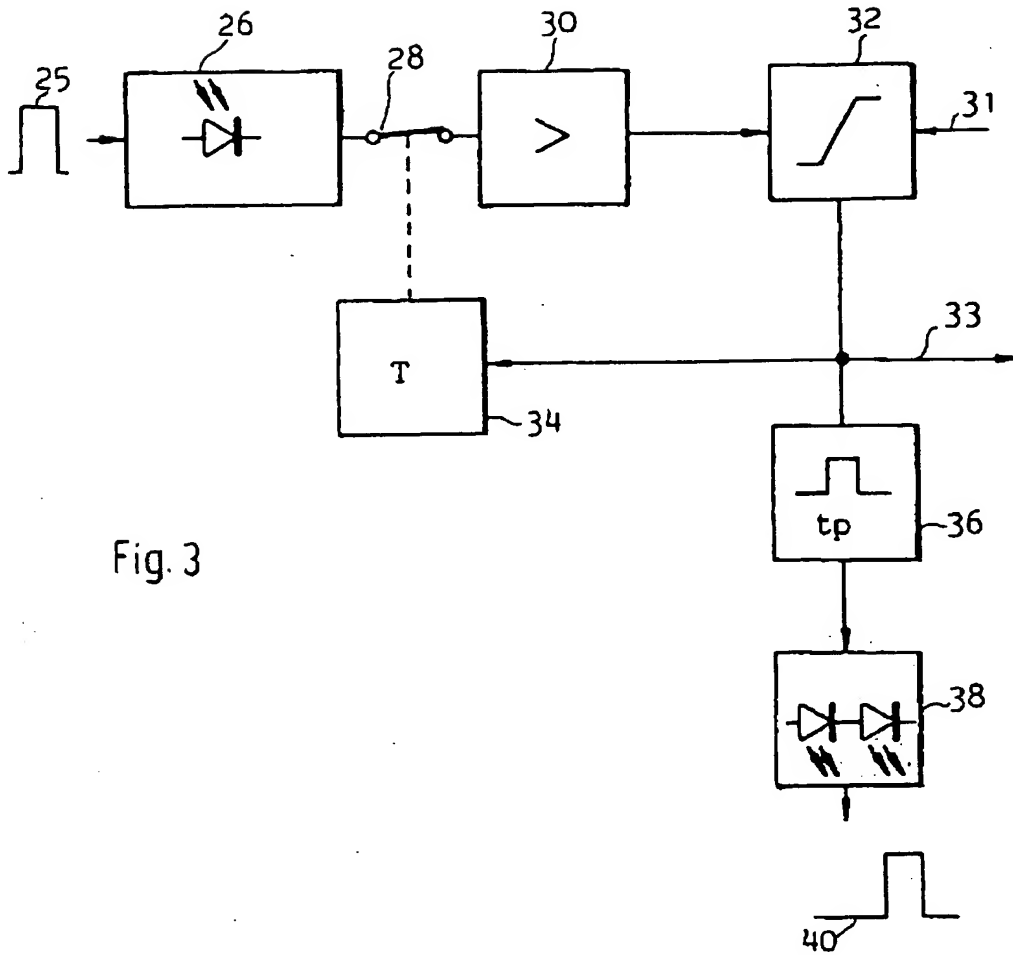


Fig. 3

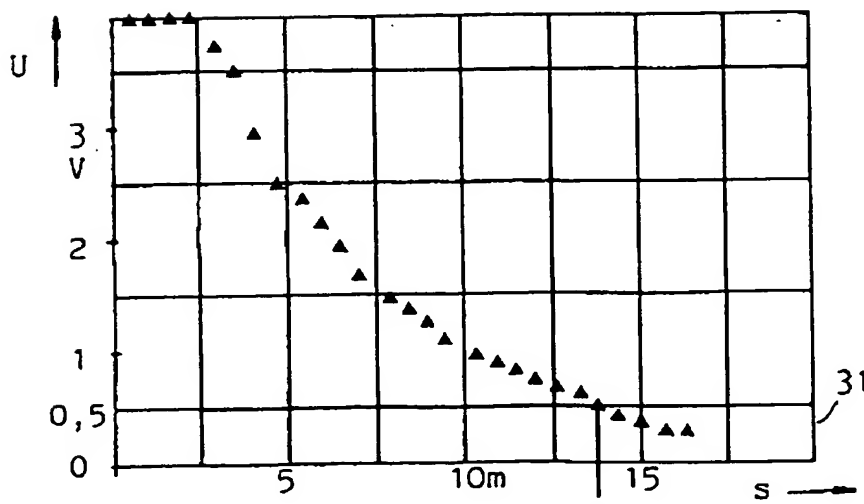


Fig. 4

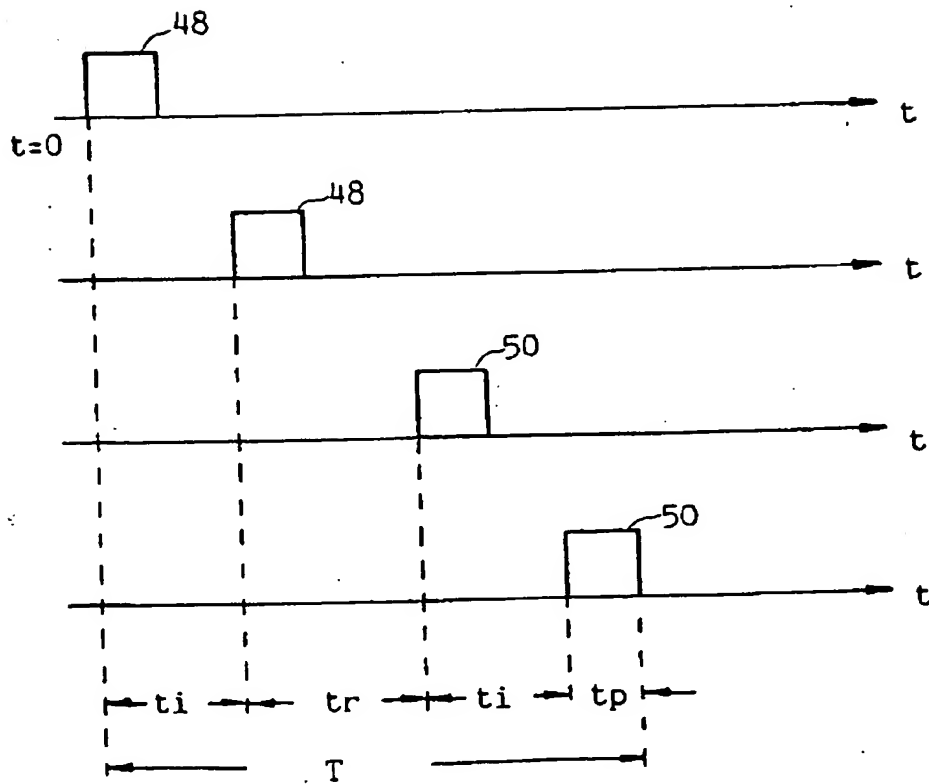
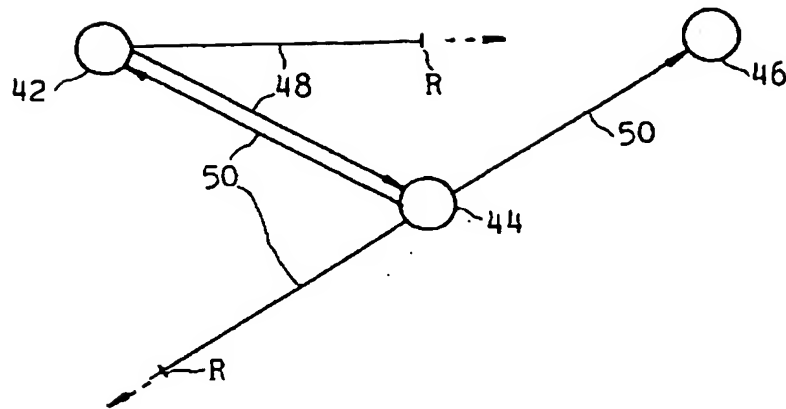


Fig.5

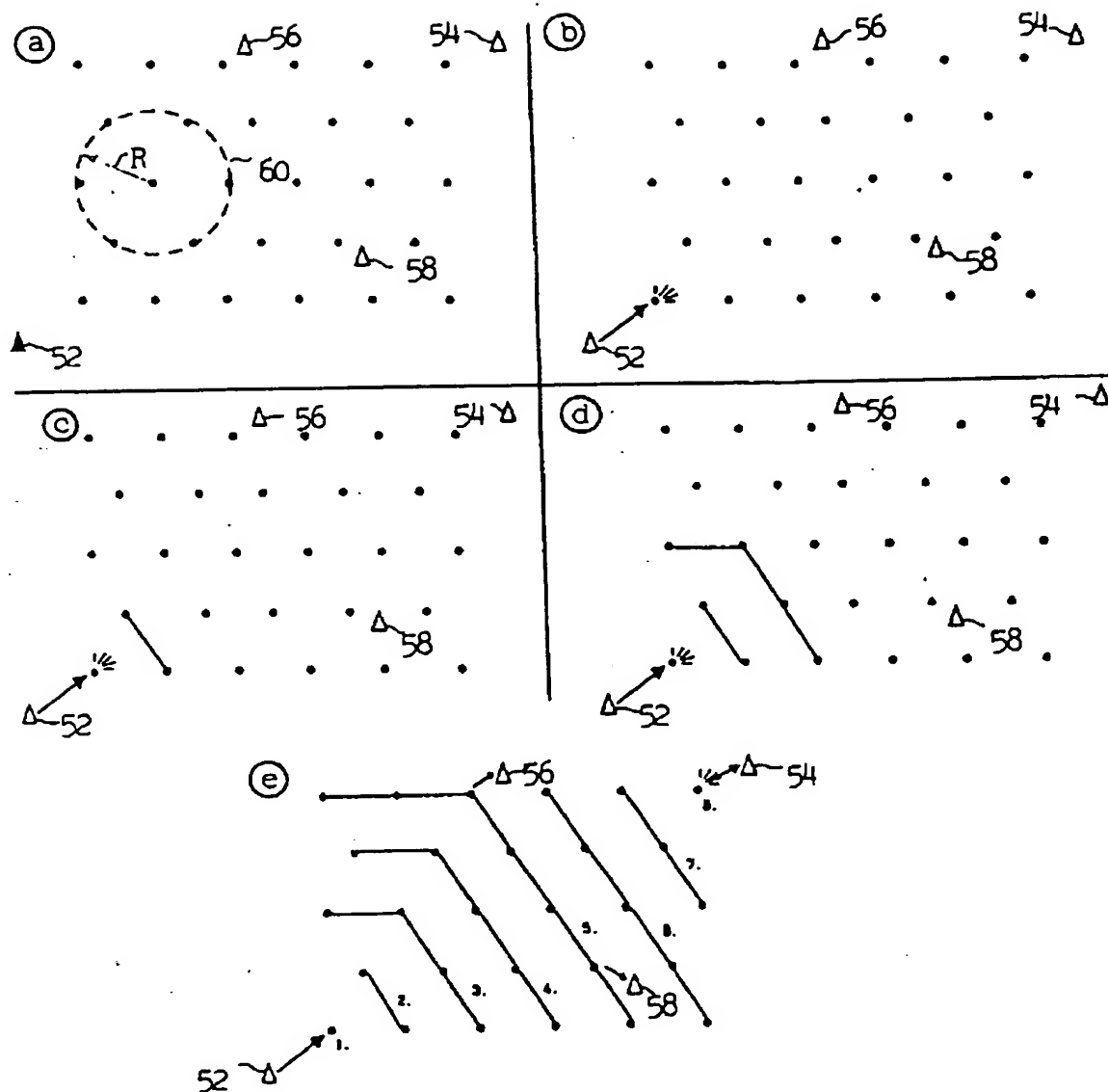


Fig.6

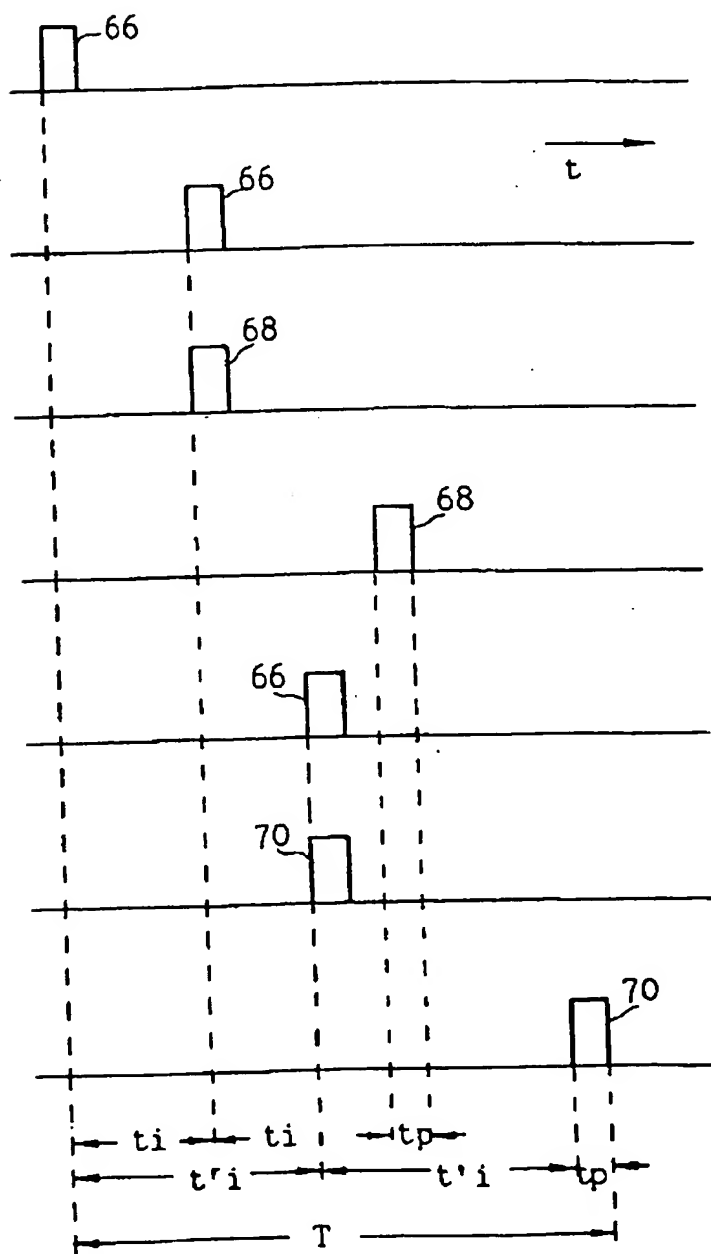
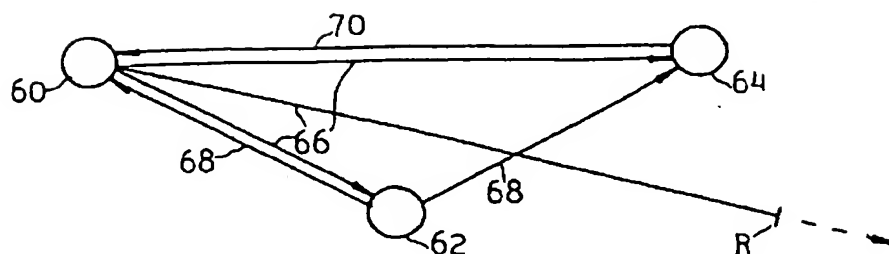


Fig.7

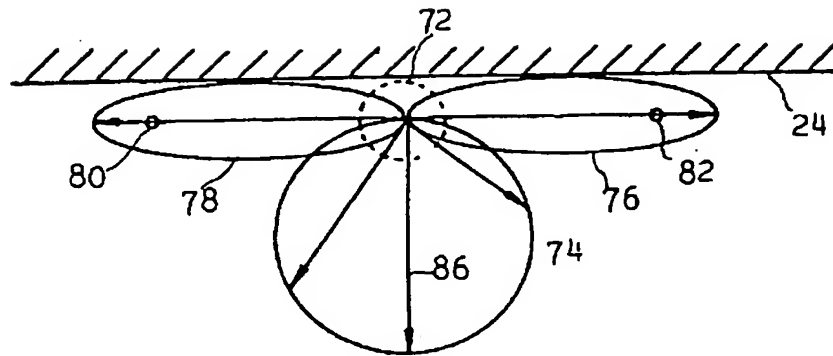


Fig. 8a

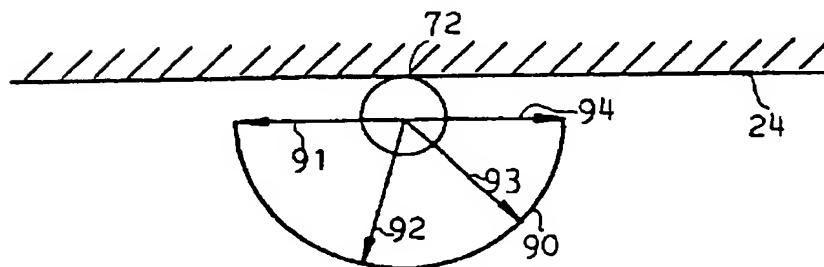


Fig. 8b